

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_\_ 密级 \_\_\_\_\_

学号: X2006230074

UDC \_\_\_\_\_

廈門大學

硕 士 学 位 论 文

人脸表情识别在智能教室中的应用研究

Application and Research of facial expression recognition in  
intelligent classroom

谢燕祥

指导教师姓名: 张海英 副教授

专 业 名 称: 软 件 工 程

论文提交日期: 2012 年 4 月

论文答辩日期: 2012 年 5 月

学位授予日期: 2012 年 6 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2012 年 4 月

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（        ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于        年        月        日解密，解密后适用上述授权。

（    ☒    ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年        月        日

## 摘 要

随着信息技术的发展,基于点播或直播的远程教育作为一种新的教育方式应运而生。远程教育打破了传统学习方式中的时空限制,使得学习者随时随地都可以进行学习。同时,随着数据分析、信息检索、图像模式识别等各种领域理论在远程教育实践中的应用,远程教育的个性化、智能化、交互性等特点给学习者带来了更好的学习体验。

作为远程教育的中心,智能教室把交互空间的概念引入远程教育系统,在一个被增强了的教室内,教师可以用在普通课堂中一样自然的方式给远程的学生授课。同时,在这个系统的支持下,远程教育和课堂现场教育的边界被模糊了,教师完全可以同时给现场的学生和远程的学生进行授课,远程学生的学习状态也能及时的反馈给老师,使得老师能够及时了解授课的效果。而学生的学习状态可以通过表情识别的结果来反映。因此表情识别技术的研究是支撑智能教室得以实现的关键技术。

本文通过对人脸定位、人脸表情特征提取、表情分类、PTZ 摄像头控制等的研究,提出了一种结合小波变换和增强方差率的改进局部二元模式的表情识别算法,通过 JAFFE 库上的实验证明了该方法的有效性并在此算法的基础上设计并实现了一个智能教室中的人脸表情识别系统原型。

**关键字:** 人脸表情识别; 小波变换; 主成分分析

## Abstract

With the development of information technology, distant learning based on video is becoming a new method in education. Distant learning breaks the spatial and time limitation so that one can learn free of time and location. Meanwhile, distant learning can provide better learning experience due to its personality, intelligence and interactivities with the development of data analysis, information retrieval, and vision pattern recognition.

As the core part of distant learning, smart classroom introduce the concept of interactive space. With this system, the boundary of distant education and live education is blurred, and teacher can teach student in the classroom and distant at the same time while receiving remote feedback instantly which can be done by the result of facial expression recognition.

Though surveying of the human facial location, facial expression feature selection, expression classification and PTZ camera controlling, this thesis brings forward a facial expression recognition algorithm based on enhanced local binary pattern with wavelet transform and augmented variance ratio. The experiment in JAFFE has shown the validation of the algorithm, and the author implements an expression recognition system based on the algorithm.

**Keywords:** facial expression recognition; wavelet transform; PCA

## 目 录

<b>第一章 绪 论 .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 研究背景与意义 .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 国内外研究现状 .....</b>	<b>1</b>
1.2.1 表情识别研究现状 .....	1
1.2.2 智能教室研究现状 .....	2
<b>1.3 研究内容与目标 .....</b>	<b>4</b>
1.3.1 研究内容 .....	4
1.3.2 研究目标 .....	5
<b>1.4 本文的组织安排 .....</b>	<b>5</b>
<b>第二章 人脸表情识别技术综述 .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 综述.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 人脸检测 .....</b>	<b>7</b>
2.2.1 基于 AdaBoost 的方法.....	7
2.2.2 基于器官特征的方法.....	8
2.2.3 模板匹配.....	8
2.2.4 人工神经网络.....	9
2.2.5 基于隐马尔可夫模型的方法.....	9
2.2.6 基于色彩信息的方法.....	10
2.2.7 频域中的特征提取.....	10
2.2.8 示例学习.....	11
<b>2.3 静态图像的特征提取 .....</b>	<b>11</b>
2.3.1 基于几何特征的方法.....	11
2.3.2 基于外貌特征的方法.....	12
2.3.3 基于混合特征的方法.....	13
<b>2.4 表情分类方法 .....</b>	<b>14</b>
2.4.1 基于空间分析的方法.....	14
2.4.2 时空结合的方法.....	15
<b>2.5 本章小结 .....</b>	<b>15</b>

<b>第三章 基于 LBP 特征选取的人脸表情识别算法 .....</b>	<b>16</b>
3.1 人脸表情算法流程 .....	16
3.2 2D 人脸模型与人脸对齐.....	18
3.2.1 AdaBoost 算法.....	19
3.2.2 2D 人脸模型.....	21
3.2.3 人脸对齐.....	22
3.3 LBP 及特征增强.....	22
3.3.1 原始 LBP .....	22
3.3.2 统一模式.....	24
3.3.3 分块 LBP .....	24
3.4 小波变换 .....	25
3.4.1 小波变换原理.....	25
3.4.2 小波系数重构和 LBP .....	26
3.5 PCA 特征选取 .....	27
3.6 支持向量机 .....	28
3.6.1 支持向量机.....	28
3.6.2 支持向量机的多类分类策略.....	30
3.7 本章小结 .....	31
<b>第四章 实验与分析 .....</b>	<b>33</b>
4.1 人脸表情库 .....	33
4.2 实验与分析 .....	34
4.2.1 实验环境.....	34
4.2.2 算法实现.....	34
4.3 本章小结 .....	43
<b>第五章 智能教室的搭建 .....</b>	<b>44</b>
5.1 硬件构架 .....	44
5.1.1 PTZ 摄像头 .....	44
5.1.2 硬件结构图.....	45

<b>5.2 系统框架设计 .....</b>	<b>45</b>
5.2.1 系统的开发环境.....	45
5.2.2 系统工作流程.....	46
<b>5.3 系统难点问题解决 .....</b>	<b>48</b>
5.3.1 PTZ 摄像头的控制 .....	48
5.3.2 智能教室中的实际难点 .....	49
<b>5.4 本章小结 .....</b>	<b>50</b>
<b>第六章 总结与展望 .....</b>	<b>51</b>
6.1 总结.....	51
6.2 展望.....	52
<b>参考文献.....</b>	<b>53</b>
<b>致谢.....</b>	<b>58</b>



## Contents

<b>Chapter1 Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Background and Significance .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Present Study.....</b>	<b>1</b>
1.2.1 Fcail Expression Recognition Study.....	1
1.2.2 Intelligent Smart Classroom Study.....	2
<b>1.3 Main Content and Target.....</b>	<b>4</b>
1.3.1 Main Content .....	4
1.3.2 Target.....	5
<b>1.4 Organization.....</b>	<b>5</b>
<b>Chapter2 Introduction of Human Facial Expression Recognition ..</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Introduction.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Face Detection .....</b>	<b>7</b>
2.2.1 AdaBoost Based Method .....	7
2.2.2 Organic Feature Based Method .....	8
2.2.3 Template Matching Based Method.....	8
2.2.4 Neural Network Based Method .....	9
2.2.5 HMM Based Method .....	9
2.2.6 Color Imformation Based Method.....	10
2.2.7 Feature Extraction form Frequency Domain .....	10
2.2.8 Learning Algorithm .....	11
<b>2.3 Static Image Feature Extraction.....</b>	<b>11</b>
2.3.1 Geometry Feature Based Method .....	11
2.3.2 Appearance Feature Based Method .....	12
2.3.3 Mixed Feature Based Method.....	13
<b>2.4 Facial Expression Classification Method.....</b>	<b>14</b>
2.4.1 Spacial Based Method.....	14
2.4.2 Time and Spacial combined Method .....	15
<b>2.5 Chapter Summary .....</b>	<b>15</b>

<b>Chapter3 LBP Based Facial Expression Recognition Method.....</b>	<b>16</b>
<b>3.1 Facial Expression Algorithm .....</b>	<b>16</b>
<b>3.2 2D Facial Mode and Face Alignment .....</b>	<b>18</b>
3.2.1 AdaBoost Algorithm .....	19
3.2.2 2D Facial Mode.....	21
3.2.3 Face Alignment.....	22
<b>3.3 LBP and LBP Enhancement .....</b>	<b>22</b>
3.3.1 Original LBP .....	22
3.3.2 Uniform Patterns .....	24
3.3.3 Blocked LBP .....	24
<b>3.4 Wavelet Transformation .....</b>	<b>25</b>
3.4.1 Principle of Wavelet Tansformation.....	25
3.4.2 Wavelet Coefficient Reconstruction and LBP .....	26
<b>3.5 PCA Features Selection .....</b>	<b>27</b>
<b>3.6 SVM.....</b>	<b>28</b>
3.6.1 SVM.....	28
3.6.2 Multiple Class Classification Strategy of SVM.....	30
<b>3.7 Chapter Summary .....</b>	<b>31</b>
<b>Chapter4 Experiment and Analysis .....</b>	<b>33</b>
<b>4.1 Facial Expression Database .....</b>	<b>33</b>
<b>4.2 Experiment and Analysis .....</b>	<b>34</b>
4.2.1 Experiment Environment .....	34
4.2.1 Algorithm Realization.....	34
<b>4.3 Chapter Summary .....</b>	<b>43</b>
<b>Chapter5 Smart Classroom Building .....</b>	<b>44</b>
<b>5.1 Hardware Structure.....</b>	<b>44</b>
5.1.1 PTZ Camera .....	44
5.1.2 Hardware Structure .....	45

<b>5.2 System Framework Design.....</b>	<b>45</b>
5.2.1 Development Environment .....	45
5.2.2 System Work Flow .....	46
<b>5.3 System Problems .....</b>	<b>48</b>
5.3.1 PTZ Camera Controll.....	48
5.3.2 Practical Difficulties in Intelligent Classroom.....	49
<b>5.4 Chapter Summary .....</b>	<b>50</b>
<b>Chapter6 Summary and Outlook.....</b>	<b>51</b>
6.1 Summary.....	51
6.2 Outlook.....	52
<b>References .....</b>	<b>53</b>
<b>Acknowledgement .....</b>	<b>58</b>

## 第一章 绪 论

### 1.1 研究背景与意义

随着计算机网络、多媒体技术以及通信技术的飞速发展,以视频、音频、图形与图像为主题的多媒体教学逐渐成为学生开展学习的主要手段。远程教育使用的课件形式也从原始的网页、图片等静态文档演变到可以再现课堂场景的多媒体文档。随着视频课程学习的推广,越来越多的与视频处理、图像处理、计算机模式识别、人工智能等相关的技术被用到了远程教育系统中。

### 1.2 国内外研究现状

#### 1.2.1 表情识别研究现状

人脸表情识别最早的研究可以追溯到 1978 年 Suwa 和 Sugie<sup>[1]</sup>等人对表情识别所做的一个最初的尝试,因此表情识别是最近几十年逐渐发展起来的,现在逐渐成为科研热点,得到了广泛的关注和研究。1971 年美国心理学家 Ekman 和 Friesen<sup>[2]</sup>定义了 6 种基本表情:生气、厌恶、害怕、伤心、高兴和惊讶,并于 1978 年开发了面部动作编码系统 FACS (Facial Action Coding System) 来检测面部表情的细微变化。FACS 将人脸划分为一定数目的运动单元 AU (Action Unit) 来描述面部动作,这些面部动作和面部表情存在着一定的对应关系。6 种基本表情和 FACS 的提出具有重要的意义。

人脸表情识别的研究在国内外很多机构同时进行,尤其是美国、欧洲和日本。进入 20 世纪 90 年代,表情识别研究变得非常活跃,吸引了大量的研究人员和基金支持,发表了大量的学术和会议文章。美国、日本、英国、德国、荷兰、法国、印度、新加坡都有专门进行表情识别研究的小组。其中麻省理工 (MIT)、卡耐基梅隆大学 (CMU)、美国马里兰州大学 (Maryland)、斯坦福大学 (Stanford)、日本城蹊大学、东京大学等所做的贡献尤为突出。我国的清华大学、哈尔滨工业大学、中国科技大学、中科院自动化研究所等均有相应的研究机构。

现在的人脸表情识别方法可以分为两类,一类是针对二维静态图像的,可以

是彩色 RGB 或者灰度图像；另一类是针对图像序列的。静态图像提取的是表情的形变特征，即表情的暂态特征，而图像序列提取的是表情的动态特征。常用的形变特征提取方法有：主成分分析 PCA、Gabor 小波法、基于模型的方法如活跃外貌模型 AAM 等；而动态特征提取方法有光流法、特征点跟踪法、差分图像法等。最近的基于模糊集（Fuzzy）的融合算法[3]也被应用到了人脸表情识别中并取得了一定的研究成果。

常用的表情的分类方法是基于统计学习理论的机器学习的算法，包括人工神经网络（Artificial Neural Network）、支持向量机（Support Vector Machines）、贝叶斯（Bays）分类、隐马尔科夫模型（Hidden Markov Model）等。这些算法的研究和应用广受关注。

建立表情数据库是表情识别研究的一个重要前提，它为测试和比较算法提供了一个统一的平台。最早的人脸表情图像库是 Ekman 和 Friesen 建立的数千幅不同人脸表情图像库。目前最为常用的人脸表情数据库是日本女性表情数据库 JAFFE(Japanese Female Facial Expression)和 CMU 的 Cohn-Kanade 人脸表情数据库。我国的吴丹<sup>[4]</sup>等建立的一个我国人脸表情研究比较全面的基础资源库的大型人脸表情视频数据库，从 3 个不同的视角记录图像数据，包括了 70 个人的 1 000 段脸部表情视频。2005 年 10 月在我国召开的首届国际情感计算及智能交互会议，推动了我国表情识别研究的深入研究。

智能教室随着远程教育和普适计算概念的提出，也得到了关注和研究。国内目前的典型代表为清华大学的智能教室<sup>[5]</sup>。

### 1.2.2 智能教室研究现状

智能教室把交互空间的概念引入远程教育系统，在一个被增强了的教室内，教师可以用在普通课堂中一样自然的方式给远程的学生授课，语音、手势代替了键盘、鼠标，大屏幕的墙面投影和电子白板代替了桌面的显示器。同时，在这个系统的支持下，远程教育和课堂现场教育的边界被模糊了，教师完全可以同时给现场的学生和远程的学生进行授课，远程学生的学习状态也能及时的反馈给老师，使得老师能够及时了解授课的效果。

智能教室按照表现形式可以分成两种：

1、第一种智能教室指的是一个纯虚拟的教室环境，这些虚拟的教室环境一般是通过 web 服务来提供，就是在远程网络教育中，来自不同地方的学生通过因特网（Internet）同时登陆到一个虚拟的教室环境中，而这个虚拟教室提供了诸如白板、教师和学生图像、提问和解答按钮等，能够使远程学习的学生感觉更像在传统教室中学习，而不是单独的面对一些教程自我学习。

2、第二种智能教室就是一个实体的教室，但是这个教室有很多传统教室所不具备的功能或者服务（包括软硬件设施）。这些功能主要包括：

(1).语音识别功能<sup>[6, 7]</sup>和文本转换到语音（TTS: Text To Speech）系统<sup>[8]</sup>，该设备可以使教师使用语音操作 PPT 等课件（如老师说下一页，PPT 自动翻到下一页），而 TTS 系统使交互用的文字变成更容易接收的语音，从而使远程教育系统中学生和教师感到更加亲切，而且 TTS 系统可以用在答疑系统中。

(2).辅助授课功能，使用该设备可以使教师在教室内走动的同时对正在授课的 PPT 或者其他形式的投影文本进行书写、勾画、翻页等，而不需要走到黑板面前进行各种操作。

(3).学生表情识别和提醒系统<sup>[9]</sup>，能够实时的检测和分析学生的听课状态，如果检测到学生注意力不集中或者反映消极便给与提醒，并将统计结果反馈给教师以便及时调整授课策略。

(4).教师运动跟踪功能，使用物体跟踪算法，实时跟踪老师的运动，然后控制摄像头跟随老师的移动，这样老师可以摆脱固定在讲台前授课，灵活的走动，方便的和学生进行互动，提高学生的学习效果。

这些功能提供了一种新型的教学模式。在新型教学模式中，教师可以灵活走动，教室亦可以随意使用肢体语言，和学生实时互动，完全像在传统教室一样。同时也能通过新的信息手段判断出同学是否专心听课等课堂表现问题。

学生的主要学习状态都是通过表情来反映的。人脸表情包括诸如情感状态、认知活动状态、性情与个性、真实性、精神病理学信息等复杂的信息，而且这些信息几乎都是不可由其它信息表达方式所替代的，因此表情分析成为心理学与精神分析，教育学等多种领域的一个重要的研究课题。表情识别作为情感计算研究的重要组成部分，可以有效地促进人机交互系统的发展和计算机图像理解的研

究。对实现人体语言与自然语言的融合，以及语言与表情连接模型的建立与实现具有重要意义；同时可以为表情合成、与表情无关的人脸检测与跟踪、人脸识别等领域的研究提供理论基础。表情分析的研究成果也为其它的学科提供了很有价值的研究手段和方法。

### 1.3 研究内容与目标

本文研究的主要内容是人脸表情识别的算法研究以及它在智能教室中的应用，即如何将计算机人脸表情识别技术应用到智能教室中，收集学生的表情信息反馈给教师，提高教学质量和学习效率。

#### 1.3.1 研究内容

研究的内容包括两个方面：

- (1).人脸表情识别算法的理论研究；
- (2).智能教室中环境（包括软硬件）的搭建、表情识别系统的设计与实现。

一个完整的人脸表情识别系统包括人脸检测、特征提取和人脸表情分类三个环节<sup>[10]</sup>，如图 1-1 所示。

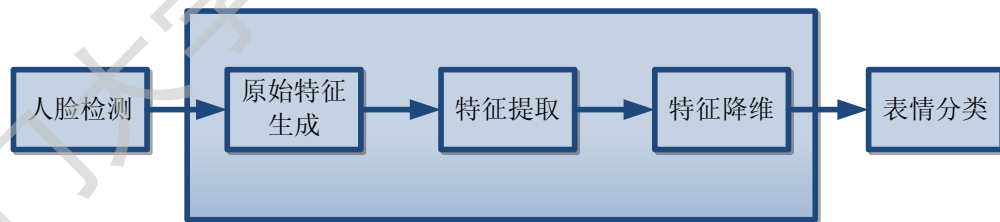


图 1-1 人脸表情识别的框架图<sup>[10]</sup>

一个完整的人脸表情识别系统需要研究的内容包括：

- 1、人脸检测：从含有人脸的图像中提取出人脸区域。
- 2、人脸对齐：减小姿势对识别结果带来的影响。
- 3、特征选择：选择可以区分不同表情的特征。
- 4、特征提取：降维以减小特征维度，减少冗余信息，加快计算速度。

5、表情分类：通过模式分类算法进行训练和测试。

### 1.3.2 研究目标

人脸表情识别技术具有广泛的用途，尤其是提高远程网络教育质量、提升司机的驾驶安全保障以及发布定制化的广告等。人脸表情识别技术应用在多个领域，本文的研究目标是将人脸表情识别应用到智能教室中，用来分析学生的学习状态。

- 1、根据眼睛的位置推导其它关键部位（如嘴巴，眉毛等）的位置。
- 2、结合智能教室应用场景，把 6 种面部表情概括为积极、消极、中性 3 类。
- 3、使用 LBP 算法实现表情分类，完成一个可部署于智能教室使用的表情识别系统。

## 1.4 本文的组织安排

本文结构安排如下：

第一章 绪论，对远程教育和智能教室做了概述，介绍了人脸表情识别的国内外研究现状，阐明了本文的研究内容和目标。

第二章 人脸表情识别技术综述，介绍了人脸表情识别的常用算法及其优缺点。

第三章 基于 LBP 特征选取的人脸表情识别方法，对基于 LBP 特征选取的人脸表情识别算法进行了深入的讨论和研究，包括 LBP、支持向量机 SVM 等。

第四章 实验与分析，详细阐述了在 JAFFE 表情库上的实验与实验结果分析，论证改进算法的有效性。

第五章 智能教室中人脸表情识别系统设计与实现，对智能教室中的人脸表情识别系统的软硬件环境进行了探讨和研究，并针对实际情况设计了人脸表情识别系统的框架，实现了一个原型系统，并针对实验过程中存在的难点问题进行了详细的论述。

第六章 总结与展望，总结全文并针对智能教室中的人脸表情识别系统提出了下一步研究工作计划和展望。



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库